

CATADIOPTRIC SYSTEM

Publication number: JP2003307680 (A)

Publication date: 2003-10-31

Inventor(s): NAMIKAWA TOSHIYUKI

Applicant(s): NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: **G02B23/02; G02B13/18; G02B17/08; G02B23/02; G02B13/18; G02B17/08; (IPC1-7); G02B17/08; G02B13/18; G02B23/02**

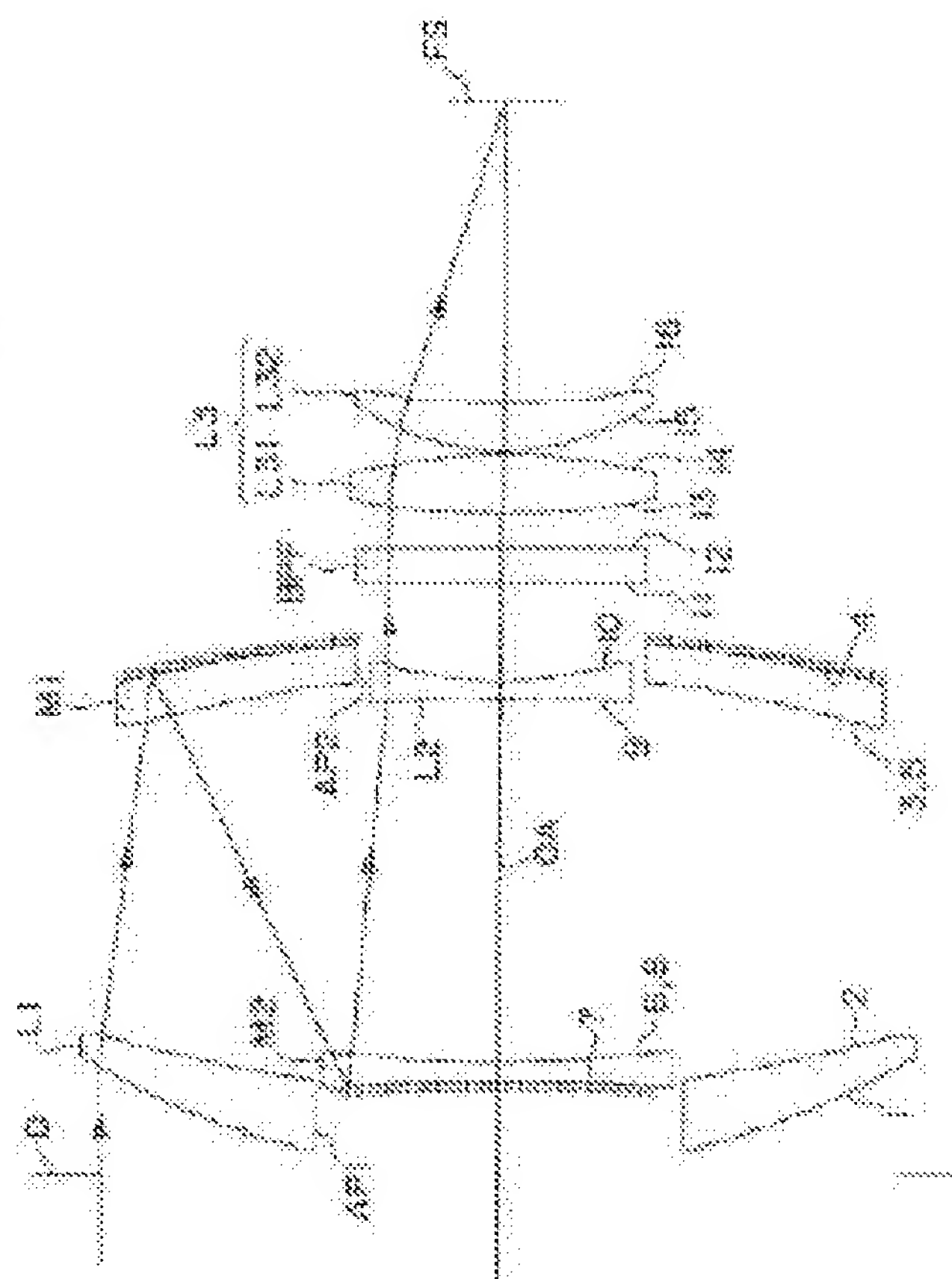
- European:

Application number: JP20020114358 20020417

Priority number(s): JP20020114358 20020417

Abstract of JP 2003307680 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a catadioptric system having a large angle of view and a high f-number, restraining aberration to be small and having a compact constitution. ; **SOLUTION:** The catadioptric system is constituted by arranging a 1st lens L1 which receives incident luminous flux from an object side and has positive refractive power, a main mirror M1 whose peripheral part is set as a reflection surface, which is constituted by providing a light transmission aperture part AP2 at the center part and which refracts and reflects the light transmitted through the 1st lens L1 to the object side, a sub mirror M2 which refracts and reflects the light reflected from the mirror M1 to an image surface side, a 2nd lens L2 which is arranged near the aperture part AP2 of the mirror M1, receives the light reflected by the mirror M2 and has negative refractive power, and a 3rd lens group L3 which is arranged on the image surface side from the 2nd lens L2 on an optical axis OA extended from the object side to the image surface side. The lens surface on the object side of the 1st lens L1 is formed to be aspherical. ; **COPYRIGHT:** (C) 2004,JPO



Data supplied from the *esp@cenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-307680
(P2003-307680A)

(43) 公開日 平成15年10月31日 (2003. 10. 31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース* (参考)
G 0 2 B	17/08	G 0 2 B	A 2 H 0 3 9
	13/18		2 H 0 8 7
	23/02		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

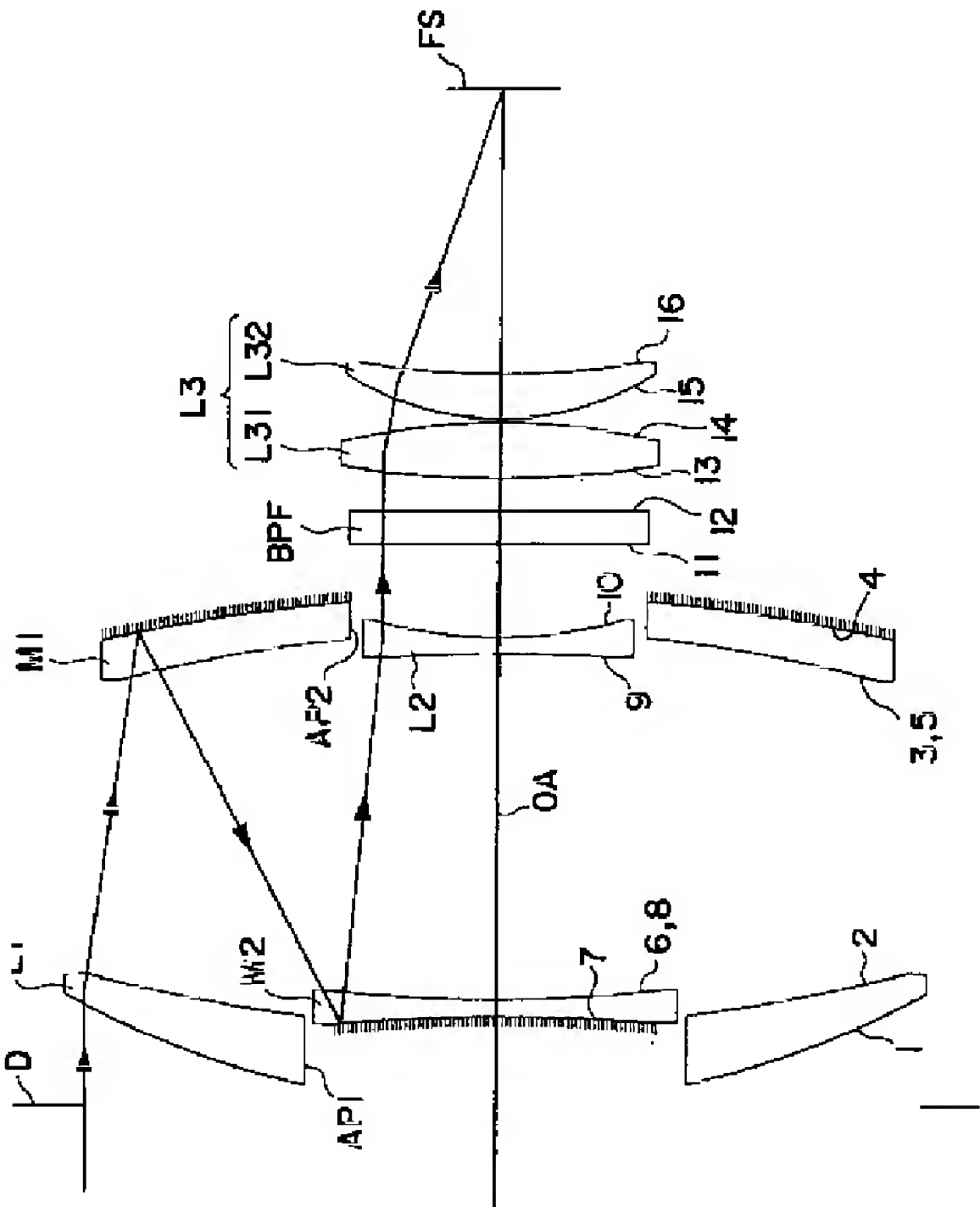
(21) 出願番号	特願2002-114358 (P2002-114358)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
(22) 出願日	平成14年 4 月17日 (2002. 4. 17)	(72) 発明者	浪川 敏之 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株 式会社ニコン内
		(74) 代理人	100092897 弁理士 大西 正悟
		F ターム (参考)	2H039 AA02 AB17 AB22 2H087 KA17 RA05 TA01 TA04 UA03

(54) 【発明の名称】 反射屈折光学系

(57) 【要約】

【課題】 大画角、高Fナンバーであり且つ収差を小さく抑えることができ、コンパクトな構成の反射屈折光学系を得る。

【解決手段】 物体側からの入射光束を受ける正の屈折力を有した第1レンズL1と、周辺部を反射面とするとともに中心部に光透過開口部AP2を有して構成され、第1レンズL1を透過した光を物体側に屈折反射させる主鏡M1と、主鏡M1から反射された光を像面側に屈折反射させる副鏡M2と、主鏡M1の光透過開口部AP2近辺に配置され副鏡M2により反射された光を受ける負の屈折力を有した第2レンズL2と、第2レンズL2より像面側に配置された第3レンズ群L3とを、物体側から像面側に延びる光軸OA上に配置して反射屈折光学系が構成され、第1レンズL1の物体側のレンズ面が非球面に形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 物体側からの入射光束を受ける正の屈折力を有した第１レンズ群と、周辺部を反射面とするとともに中心部に光透過開口部を有して構成され、前記第１レンズ群を透過した光を物体側に屈折反射させる主鏡と、前記主鏡から反射された光を像面側に屈折反射させる副鏡と、前記主鏡の前記光透過開口部近辺に配置され前記副鏡により反射された光を受ける負の屈折力を有した第２レンズ群と、前記第２レンズ群より像面側に配置された第３レンズ群とを、物体側から像面側に延びる光軸上に配置して構成され、前記第１レンズ群の少なくともいずれかのレンズ面が非球面に形成されていることを特徴とする反射屈折光学系。

【請求項２】 前記第１レンズ群より物体側に絞りを配設し、前記第１レンズ群における前記絞りに近接するレンズ面を非球面としたことを特徴とする請求項１に記載の反射屈折光学系。

【請求項３】 前記副鏡の屈折面が像面側に凹となる面であることを特徴とする請求項１もしくは２に記載の反射屈折光学系。

【請求項４】 前記第２レンズ群から前記第３レンズ群に至る全光束の前記光軸に対する傾きが１０度以下となるように構成したことを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の反射屈折光学系。

【請求項５】 前記第２レンズ群から前記第３レンズ群に至る光路中にバンドパスフィルターを配設したことを特徴とする請求項４に記載の反射屈折光学系。

【請求項６】 光学系の全体焦点距離 f_1 と、前記第３レンズ群の焦点距離 f_2 とが、 $(f_1/f_2) > 5$ の関係を満足するように構成したことを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載の反射屈折光学系。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば、反射屈折望遠鏡等を構成する反射屈折光学系に関し、特に広範囲の波長域で明るい構成となる光学系に関する。

【０００２】

【従来の技術】 一般に、反射屈折光学系は、反射面を用いることで色収差を極めて小さくでき、さらに、反射面で発生するコマ収差を屈折系を用いて補正することが容易であり、望遠比を小さくすることができるため、長焦点距離の光学系、例えば、反射屈折望遠鏡等に良く用いられている。例えば、特開平３－２０８００５号公報に、このような反射屈折光学系の例が示されている。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の光学系においては、収差補正上での問題により、大画角、小Ｆナンバーの要求に対しては十分な性能を得られないという問題があった。また、光学系の内部にバンド

パスフィルターを配設して観察波長域を分割し分光観察を行うように構成することも多いが、このような構成において、バンドパスフィルターを通る光束の入射角が画角によって異なり、像面内での照度ムラが発生するという欠点があった。これは、バンドパスフィルターを通る光束の入射角が変化するとバンドパスフィルターが選択する波長域がシフトする（波長シフトが発生する）ためであり、例えば、光軸中心位置と光束の周辺部で光束の入射角が相違し、像面内における中央と周辺とでバンドパスフィルターが選択する波長域が相違して照度ムラが発生するという問題がある。このため特に、バンドパスフィルターが狭帯域に波長を制限する構成の場合に、小さな波長シフトでも大きな照度ムラが発生し易いという問題がある。

【０００４】 また、像側にテレセントリックでビグネッティング（ケラレ）のない光学系の場合、像面直前にバンドパスフィルターを設置することにより、像面内での照度ムラは抑えることができるが、明るい光学系、すなわち集光ＮＡの大きい光学系であるほど、光束内のバンドパスフィルターへの入射角が大きくなることにより、波長シフトが顕著となり、特に狭帯域バンドパスフィルターを用いた場合、透過率が低下し、像面照度が低くなるという問題があった。

【０００５】 本発明はこのような問題に鑑みたもので、大画角、小Ｆナンバーであり且つ収差を小さく抑えることができ、コンパクトな構成の反射屈折光学系を提供することを目的とする。

【０００６】

【課題を解決するための手段】 このような目的達成のため、本発明においては、物体側からの入射光束を受ける正の屈折力を有した第１レンズ群と、周辺部を反射面とするとともに中心部に光透過開口部を有して構成され、第１レンズ群を透過した光を物体側に屈折反射させる主鏡と、主鏡から反射された光を像面側に屈折反射させる副鏡と、主鏡の光透過開口部近辺に配置され副鏡により反射された光を受ける負の屈折力を有した第２レンズ群と、第２レンズ群より像面側に配置された第３レンズ群とを物体側から像面側に延びる光軸上に配置して反射屈折光学系が構成され、第１レンズ群の少なくともいずれかのレンズ面が非球面に形成されている。

【０００７】 このとき、第１レンズ群より物体側に絞りを配設し、第１レンズ群における絞りに近接するレンズ面を非球面とするのが好ましい。また、副鏡の屈折面が像面側に凹となる面となるように構成するのが好ましい。

【０００８】 上記の構成の反射屈折光学系において、第２レンズ群から第３レンズ群に至る全光束の光軸に対する傾きが１０度以下の小さい角度となるように構成するのが好ましく、第２レンズ群から第３レンズ群に至る光路中にバンドパスフィルターを配設するのが好ましい。

【0009】また、光学系の全体焦点距離 f_1 と、第3レンズ群の焦点距離 f_2 とが、 $(f_1/f_2) > 5$ の関係を満足するように構成するのが好ましい。

【0010】このように、本発明の反射屈折光学系では、絞りを前面に置き、最初のレンズ群に非球面を用いることにより、広波長域、大画角での収差補正が可能である。また、第2から第3レンズ群に至る光束の光軸に対する角度を小さくすることにより、ここにバンドパスフィルターを配設して分光観察を行う場合、波長シフトの発生を抑えて像面内での照度ムラを小さくできる。また、狭帯域バンドパスフィルターを用いた場合でも透過率が高く、像面照度の高い光学系が達成できる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好ましい実施形態について説明する。本発明に係る反射屈折光学系の概略構成を図1に示しており、この光学系は、中央に光透過開口部AP1を有して構成され、観測対象（物体側）からの入射光束が入射する正の屈折率を有した第1レンズL1と、周辺部を第1反射面4とするとともに中心部に光透過開口部AP2を有して構成され、第1レンズL1を透過した光を第1反射面4および第1屈折面3、5において物体側に屈折反射させる主鏡M1と、第1レンズL1の光透過開口部AP1の近辺に配設され、主鏡M1から反射された光を像面側に屈折反射させる副鏡M2と、主鏡M1の光透過開口部AP2近辺に配置され副鏡により反射された光を受ける負の屈折力を有した第2レンズL2と、第2レンズL2より像面側に配置された第3レンズ群L3とを、物体側から像面側に延びる光軸OA上に配置して構成される。なお、第3レンズ群L3は図示のように、いずれも正の屈折率を有したレンズL31およびL32からなる。

【0012】第1レンズL1の入射側レンズ面1に近接して入射光束を絞るための絞りDが配設されており、この絞りを通過した入射光束が第1レンズL1に入射し、ここで第1レンズL1の正パワー（正の屈折率）に応じて集光されて主鏡M1に入射する。このとき、第1レンズL1の物体側の面1（第1面1）を非球面としており、この光学系で発生する球面収差補正を行うようにしている。第1面1は絞りDに近接して位置するため、球面収差の良好な補正が可能であり、後群の光学系に対する収差負担を軽減させている。

【0013】主鏡M1は、後述する表1に示すように、僅かに負のパワーを有するレンズの像面側の面4に銀もしくはアルミを蒸着して反射面を形成してなる裏面反射タイプの反射屈折ミラーからなる。このため、第1レンズL1を通過して主鏡M1に入射した光はさらに集光されて副鏡M2に入射する。副鏡M2は両面が凹面形状で負

のパワーを有するレンズの物体側の面7に銀もしくはアルミを蒸着して反射面を形成してなる裏面反射タイプの反射屈折ミラーからなる。このため、主鏡M1から反射集光されて副鏡M2に入射した光は、ここで反射されるとともに集光されて第2レンズL2に入射する。このとき、主鏡M1の中心透過部AP2のサイズ内に光束を収め、光量ロスのないようにしている。このように裏面反射タイプの主鏡M1、副鏡M2を用いて、色収差を極力抑えつつコマ収差の補正を行っている。特に、副鏡M2の屈折面すなわち像側の面6、8を像面側に向かって凹面にすることにより、収差の全体バランスを図りつつ、第2レンズL2とともに第3レンズ群L3へ入射する光束をコリメート系に近い光束に変換している。

【0014】第2レンズL2は負の屈折力を持ち、副鏡M2により反射された光をコリメート光に近い光束として第3レンズ群L3に向けて出射させる。このようにコリメート光に近い光束とされた光が通過する第2レンズL2と第3レンズ群L3との間にバンドパスフィルターBPFが配設されている。これにより、バンドパスフィルターを通る光束の入射角が光束内においてほぼ等しくなり、この入射角度を小さくすることにより波長シフトの発生を抑えて像面内での照度ムラの発生を抑えるようにしている。また、このように入射角度が小さくなることにより、バンドパスフィルターBPFに対する透過波長帯や波長幅の要求が異なってバンドパスフィルターBPFの厚さが変化しても全体の光学性能に及ぼす影響は小さくなる。このようにバンドパスフィルターBPFを配設する部分（第2レンズL2と第3レンズ群L3との間）を通過する全光束の光軸OAに対する傾きが10度以下になるように設定されている。なお、主鏡M1の像面側にバンドパスフィルターBPFが位置するので交換が容易という利点もある。

【0015】以上のようにして、バンドパスフィルターBPFを通過して第3レンズ群L3に入射した光は、ここで集光されて結像面（例えば、フィルム、CCD等）FSに観察物体の像を結像させる。

【0016】上記構成の反射光学系の諸元を表1に示す。この表1において、記号rはレンズ面の曲率半径、dはレンズ面間隔、Gは硝材等を示す。なお面番号は物体からの光の進路に沿った順序を示し、i面（ $i=1, 2, 3, \dots$ ）の曲率半径を r_i とし、i面と（ $i+1$ ）面との間の光軸上の距離を d_i としている。ここで、第1面（第1レンズL1の物体側の面）1が非球面形状に形成されるが、この非球面形状は以下の式（1）で表現される。

【0017】

【表1】

面番号	r	d	G
物体面	∞	∞	
1	135.00000	13.950000	石英

κ	:-0.000000	A	:-0.773526*10 ⁻⁰⁸	B	:-0.124689*10 ⁻¹²	C	:0.000000
2	238.95800		71.175000				
3	-226.62000		6.200000	石英			
4	-277.34800		-6.200000	反射面			
5	-226.62000		-66.175000				
6	231.90000		-3.000000	石英			
7	-264.00000		3.000000	反射面			
8	231.90000		62.000000				
9	-391.69800		3.000000	F2			
10	69.60000		16.655000				
11	∞		5.000000	フィルター			
12	∞		7.000000				
13	153.09300		10.000000	BK7			
14	-104.02000		0.700000				
15	44.35000		8.000000	BK7			
16	127.10700		50.900000				
像面	∞						

【0018】

【数1】

$$Z = c h^2 / [1 + \{1 - (1 + \kappa) c^2 h^2\}^{1/2}] + A h^4 + B h^6 + C h^8$$

... (1)

Z; 光軸方向のサグ量

h; 光軸から軸直角方向への寸法

c; 面の頂点での曲率 (1/r)

κ ; 円錐係数

A, B, C; 4次、6次、8次の係数

【0019】以上の構成の反射屈折光学系において、全系の焦点距離 f1 は320mm、レンズ群L3の焦点距離 f2 は62mmであり、(f1/f2) > 5を満足している。この条件を満足することにより、全系の焦点距離に比べ全長が短く、かつFナンバーが2.35の明るい光学系が達成できている。また、画角も2 ω =3.4°の広範囲にわたって十分な収差補正が成されており、望遠レンズとして極めて明るく大画角の光学系になっている。

【0020】次に、上記構成の反射屈折光学系における横収差図を図2(A), (B), (C)に示しており、これらの収差図から分かるように、可視光域全体にわたって良好な収差補正が成されていることがわかる。なお、図2(A)の球面収差図において、縦軸は最大入射高を1.0としたときの比率を示しており、図2(B)の非点収差図において実線がサジタル像面を示し、破線がメリジオナル像面を示す。また、各線はそれぞれ図に示すように波長400nm, 500nm, 600nm, 700nmの光に対する収差を示す。

【0021】また、上記構成の反射屈折系を構成する光学要素に用いられる硝材は第1レンズL1、主鏡M1、副鏡M2を合成石英、第2および第3レンズ群L2, L

3をF2、BK7で構成しており、少ない硝種で、広波長域をカバーできる反射屈折光学系を構成している。

【0022】なお、上記実施例では、第1および第2レンズL1, L2を単一のレンズから構成しているが、これを複数のレンズからなるレンズ群により構成しても良い。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、コンパクトで高性能な明るい光学系が実現でき、また、バンドパスフィルターを用いた分光観測を高性能に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る反射屈折光学系の構成を示す概略図である。

【図2】上記反射屈折光学系の横収差図であり、図2(A)が球面収差、図2(B)が非点収差、図2(C)が歪曲収差をそれぞれ示す。

【符号の説明】

D 絞

L1, L2, L3 第1～第3レンズ

M1 主鏡

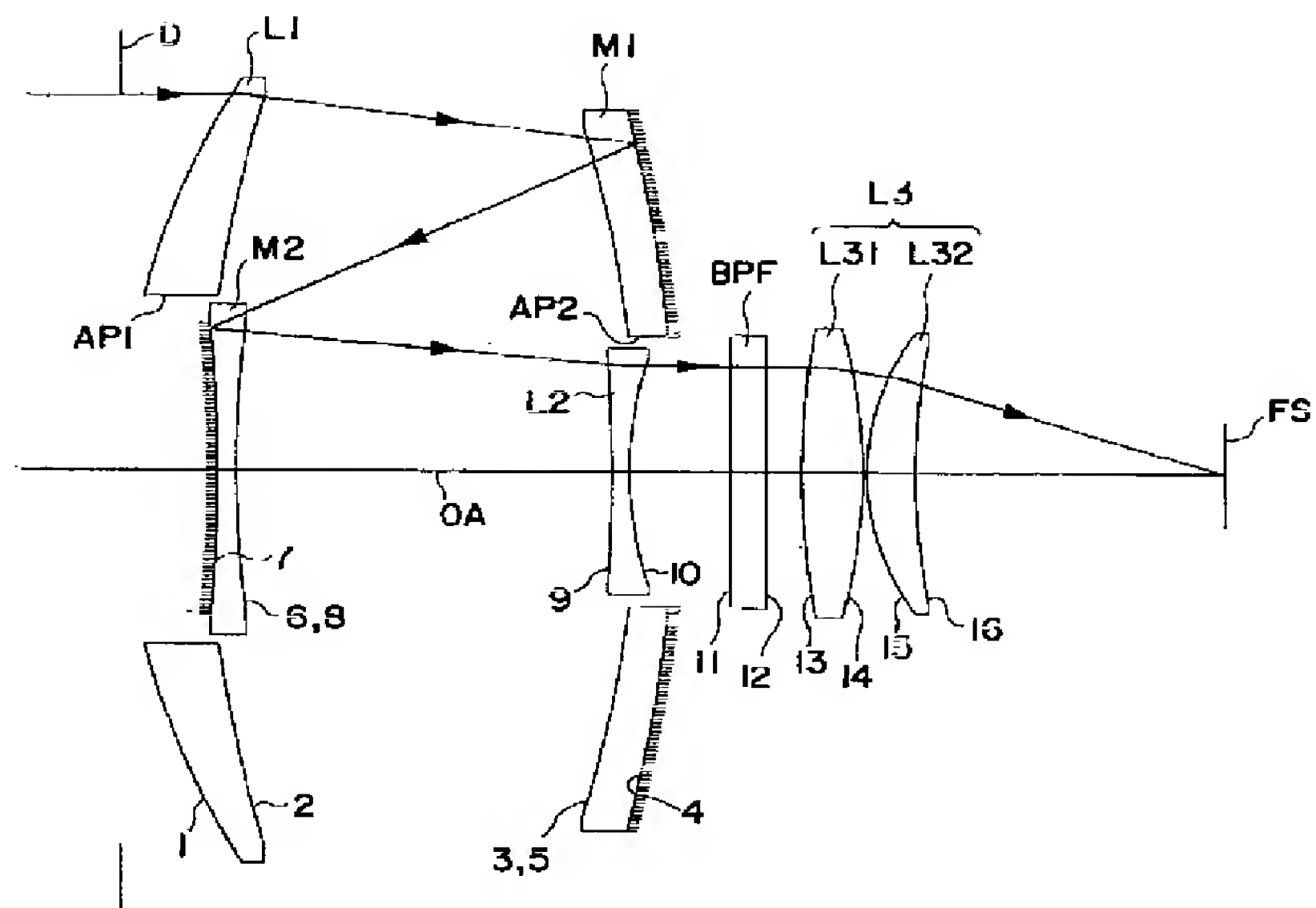
M2 副鏡

BPF バンドパスフィルター

FS 像面

OA 光軸

【図1】



【図2】

